EXPOSÉ

DES

TITRES GÉOLOGIQUES

DE

M. CHARLES DEPÉRET

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT
PROFESSEUR DE GÉOLOGIE A L'UNIVERSITÉ DE LYON
DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES



LYON
A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ
4, RUE GENTIL, 4
—
1903

TITRES SCIENTIFIQUES

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT (SECTION MINÉRALOGIE)
MEMBRE CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE NEW-YORK
MEMBRE CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES ET ARTS DE BARCELONE
MEMBRE CORRESPONDANT DE L'INSTITUT ÉGYPTIEN AU CAIRE
COLLABORATEUR PRINCIPAL DE LA CARTE GÉOLOGIQUE DE FRANCE

SERVICES UNIVERSITAIRES

1886. Chargé du cours de Géologie a la Faculté des Sciences de Marseille.
1889. Professeur de Géologie a la Faculté des Sciences de Lyon.
1896. Doyen de la Faculté des Sciences de Lyon.

THÈSES DE DOCTORAT

inspirées par M. Depéret et élaborées sous sa direction.

1893. A. Riche, *Etude stratigraphique sur le Jurassique inférieur du Jura méridional*, Paris.
1896. H. Douxami, *Etudes sur les terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale*, Lyon.
1897. F. Roman, *Recherches stratigraphiques et paléontologiques sur le Bas-Languedoc*, Lyon.
1897. Brives, *Les terrains secondaires et tertiaires du bassin du Chélif et du Dahra*, Lyon.
1901. A. Vaffier, *Etude géologique et paléontologique du Carbonifère inférieur du Mâconnais*, Lyon.
1901. E. Chantre, *L'homme quaternaire dans le bassin du Rhône. Etude géologique et anthropologique*, Lyon.
1903. E. Doncieux, *Monographie géologique et paléontologique des Corbières orientales*, Lyon.
Flamand, *Etudes géologiques sur les chaînes du Sud-Oranais et le Sahara occidental* (en préparation).

PUBLICATIONS GÉOLOGIQUES ET PALÉONTOLOGIQUES

1880. — 1. Etude géologique du terrain tertiaire de Millas (Pyrénées-Orientales).
(Bull. Soc. agr. sc. et litt. des Pyrénées-Orientales, XXIV[e] bull., p. 15, 3 pl.)

1883. — 2. Nouvelles études sur les ruminants fossiles d'Auvergne.
(Comp. r. Ac. Sc. Paris, 15 octobre 1883.)

1884. — 3. Nouvelles études sur les Ruminants pliocènes et quaternaires d'Auvergne.
(Bull. Soc. géol. de France, 3[e] série, t. XII, p. 247, 4 pl.)

— — 4. Etudes sur les alluvions pliocènes et quaternaires du plateau de la Bresse dans les environs de Lyon.
(Soc. agric. Lyon, sept. 1884.) (Fontannes et Depéret.)

1885. — 5. Description géologique du bassin tertiaire du Roussillon.
(Thèse, Faculté de Paris, *Ann. Soc. géol.*, t. XVII, 1885, p. 1-274, carte géologique et 5 planches.)

— — 6. Note sur la géologie et sur les Mammifères fossiles du bassin lacustre miocène supérieur de la Cerdagne. (En collab. avec M. Rérolle.)
(Bull. Soc, géol. de France, 3[e] série, t. XIII, p. 488, carte 1 pl.)

— — 7. Note sur la géologie du bassin du Roussillon.
(Soc. géol. de France, 3[e] série, t. XIII, p. 462.)

— — 8. Note sur le bassin lacustre miocène supérieur de la Cerdagne
(Comp. r. Ac. Sc. Paris, 2 juin 1885, p. 1399.)

— — 9. Note sur un Kjokkemmödding de l'époque gallo-romaine aux environs de Château-Roussillon (Pyr.-Orient.)
(Bull. Soc. Anthrop. de Lyon, 6 juin 1885.)

1886. — 10. Note sur les terrains de transport alluvial et glaciaire des vallées du Rhône et de l'Ain, aux environs de Meximieux (Ain).
(Bull. Soc. géol. de France, 3[e] série, t. XIV, p. 122.)

1886. — 11. Sur l'importance et la durée de la période pliocène, d'après l'étude du bassin du Roussillon ; nouveaux documents pour la faune de Mammifères pliocènes de ce bassin.
(Comp. r. Ac. Sc. Paris, 13 décembre 1886.)

— — 12. Note sur le système devonien de la Chaîne orientale des Pyrénées.
(Comp. r. Ac. Sc. Paris, 22 novembre 1886.)

1887. — 13. Résumé géologique sur la ville et l'arrondissement de Lyon.
(Extr. Compt. r. d'hygiène et de salubr. publ. du Rhône, Storck, 1887.)

— — 14. Sur l'analogie des roches anciennes, éruptives et sédimentaires de la Corse et des Pyrénées-Orientales.
(Comp. r. Ac. Sc. Paris, 8 août 1887.)

— — 15. Note sur les terrains traversés par le tunnel de Collonges à Lyon-Saint-Clair, travail posth. de Fontannes, rédigé par Ch. Depéret.
(Soc. d'Agr. hist. nat. et Arts util. de Lyon, 1887.)

1887. — 16. Recherches sur la succession des faunes de Vertébrés miocènes de la vallée du Rhône.
(Arch. Mus. hist. nat. Lyon, t. V, p. 270, pl. XII-XXV.)

— — 17. Sur la faune des Vertébrés miocènes de la Grive-Saint-Alban (Isère).
(Comp. r. Ac. Sc. Paris, 7 févr. 1887.)

— — 18. Sur la Testudo Perpiniana Dep. Gigantesque Tortue du Pliocène moyen de Perpignan. (En collab. avec M. Donnezan.)
(Comp. r. Ac. Sc. Paris, 19 décembre 1887)

1888. — 19. Note sur l'existence d'un horizon à faune saumâtre dans l'étage turonien supérieur de la Provence.
(Bull. Soc. géol. France, 3e série, t. XVI, p. 559, 6 figures, texte.)

— — 20. Résumé des découvertes paléontologiques faites dans ces dernières années dans le terrain pliocène du Roussillon.
(Bull. Soc. agr. sc. des Pyrénées-Orientales, t. XXIX, 1888.)

— — 21. Observations sur la note posthume de F. Fontannes sur les terrains traversés par le tunnel de Collonges.
(Bull. Soc. géol. France, 3e série, t. XVI, p. 339, 20 février 1888.)

1889. — 22. Sur l'âge des sables de Trévoux.
(Comp. r. Ac. Sc. Paris, 28 janvier 1889.)

— — 23. Notes stratigraphiques sur le terrain tertiaire de Marseille.
(Bull. des Serv. de la Carte géol. de France, septembre 1889.

1889. — 24. Les terrains tertiaires marins de la côte de Provence, 1[re] partie. Les faluns de la côte de Carry. (En collabor. avec F. Fontannes.)
(Soc. agric. hist. nat. et Arts utiles de Lyon, 1888, paru en 1889.)

— — 25. Note sur l'âge miocène supérieur des limons à Hipparion du mont Léberon.
(Bull. Soc. géol. de France, t. XVIII.)

— — 26. Sur le Dolichopitbecus ruscinensis, nouveau singe fossile du pliocène du Roussillon.
(Compt. v. Ac. Sc. Paris, 23 décembre 1889.)

— — 27. Sur l'importance de l'étude des facies en géologie. (Leçon d'ouverture du cours de géologie professé à la Faculté des Sciences de Lyon.)
(Bull. Soc. Linn. de Lyon, 1888, paru en 1889.)

1890. — 28. Observations sur la note de M. F. Cuvier, sur les terrains traversés par le tunnel de Collonges.
(Ann. Soc. Lin. de Lyon, 1890.)

— — 29. Sur l'âge des sables et argiles bigarrés du Sud-Est.
(Comp. r. Ac. Sc. Paris, 8 décembre 1890.)

— — 30. Note sur la découverte de l'horizon du Montaiguet, à Bulimus Hopei, dans le bassin d'Apt.
(Bull. serv. Carte géol. de France, septembre 1890.)

— — 31. Note sur le pliocène et la position stratigraphique des couches à Congérées de Théziers (Gard).
(Bull. serv. Carte géol. de France, n° 16, septembre 1890.)

— — 32. Sur la découverte d'une tortue géante au mont Léberon.
(Comp. r. Ac. Sc. Paris, 28 avril 1890.)

— — 33. Les animaux pliocènes du Roussillon.
(Mémoires de paléontologie de la Soc. géol. de France 1890-1895.)

1891. — 34. Sur l'existence d'une petite faune de Vertébrés miocènes dans les fentes de rocher de la vallée de la Saône, à Gray et au mont d'Or lyonnais.
(Comp. r. Ac. Sc. Paris, 15 juin 1891.)

— — 35. Sur l'âge du Basalte de Beaulieu.
(Bull. Soc. géol. de France, 3e série, t. XVIII, p. 911.)

1892. — 36. Les terrains tertiaires marins de la côte de Provence, 2e partie, étage Helvétien. (En collab. avec Fontannes.)
(Soc. agric. Lyon, 1892.)

1892. — 37. La faune de Mammifères de La Grive-Saint-Alban (Isère).
(Arch. du Muséum de Lyon, t. V.)

— — 38. Sur la faune d'oiseaux pliocènes du Roussillon.
(C. r. Ac. Sc. Paris, 21 mars 1892.)

— — 39. Sur la découverte de Silex taillés dans les alluvions quaternaires à Rhinoceros Mercki de la vallée de la Saône, à Villefranche.
(C. r. Ac. Sc. Paris, 8 août 1892.)

— — 40. L'ancienneté paléontologique de l'homme.
(Discours présidentiel à la Soc. d'Anthropologie de Lyon. Séance du 16 janvier 1892.)

— — 41. Orogénie du Plateau Central français avec Carte.
(Ann. de Géographie, 15 juillet 1892.)

— — 42. Note sur la classification et le parallélisme du système miocène.
(Comp. r. somm. Soc. géol. de France, novembre 1892, 3e série, t. XX, p. CXLV.)

1893. — 43. Sur l'âge absolu des faunes de mammifères pliocènes du Plateau Central et des éruptions volcaniques contemporaines.
(Comp. r. somm. Soc. géol. de France, t. XX, p. CXIX.)

— — 44. Sur les terrains miocènes de l'Armagnac et sur le niveau des faunes de Sansan et de Simorre.
(Comp. r. Soc. géol. de France, t. XXI, p. CXIX.)

— — 45. Sur le Miocène de l'Italie du Nord.
(Comp. r. Soc. géol. de France, t. XXI, p. LXII)

— — 46. Réponse aux observations critiques sur la note relative au parallélisme du système miocène.
(Comp. r. somm. Soc. géol. de France, t. XXI, p. XC. IV.)

— — 47. Sur la classification et le parallélisme du système miocène.
(Bull. Soc. géol. de France, 3e série, t. XXI, p. 170-266.)

1894. — 48. Observations sur les terrains néogènes.
(Comp. r. somm. Soc. géol. de France, t. XXII, p. 42, mars 1894.)

— — 49. Compte rendu sommaire des excursions de la Réunion extraordinaire de la Société géol. de France à Lyon et à Bollène.
(Bull. Soc. géol. de France, 3e série, t. XXII, p. CXVI.)

— — 50. Compte rendu des excursions de la Société géologique aux environs de Lyon et de Bollène.
(Bull. Soc. géol. de France, 3e série, t. XXII, p. 606 et suiv., 5 pl. et 1 carte.)

1894. — 51. Note sur les groupes Eocène inférieur et moyen de la vallée du Rhône.
(*Bull. Soc. géol. de France*, t. XXII, 3e série, p. 683.)

— — 52. Note paléontologique complémentaire sur les terrains tertiaires de la Bresse.
(*Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. XXII, p. 712, 1 pl.)

— — 53. Compte rendu des explorations de 1893 sur la feuille de Valence.
(*Bull. serv. Carte géol.*, n° 38, p. 81.)

1894. — 54. Sur la découverte de débris de Dinotherium à Montredon (Hérault.)
(*Bull. Soc. géol. France*, t. XXI, p. 119.)

— — 55. Sur la découverte d'une partie de mâchoire de Sphœrodus neocomiensis dans le Barrémien de Beaucaire.
(*Comp. r. Soc. géol. de France*, t. XXII, p. 93, juin 1894.)

— — 56. Sur un gisement sidérolithique de Mammifères de l'Eocène moyen à Lissieu, près Lyon.
(*Comp. r. Ac. Sc. Paris*, 9 avril 1894.)

— — 57. Note sur la succession stratigraphique des faunes de Mammifères pliocènes d'Europe et du Plateau Central en particulier.
(*Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. XXI, pp. 524-525.)

— — 58. Les terrains tertiaires de la Bresse et leurs gîtes de lignites et de minerai de fer.
(*Etude des gîtes minéraux de la France, service des Travaux publics*, 1 vol. de texte avec carte au 1/320.000 et 1 vol d'atlas, en collaboration avec M. Delafond.)

— — 59. Sur la découverte d'un os de Dinosaurien du genre *Œpysaurus* dans le Cénomanien saumâtre de Mondragon (Vaucluse.)
(*Comp. r. Soc. géol.*, t. XXII, p. 29, févr. 1894.)

1895. — 60. Sur les phosphorites quaternaires de la région d'Uzès (Gard).
(*Comp. r. Ac. sc. Paris*, 14 janvier 1895.)

— — 61. Résultats des fouilles paléontologiques dans le miocène supérieur de la colline de Montredon (Hérault).
(*Comp. r. Ac. sc. Paris*, 9 septembre 1895.)

— — 62. Fouilles paléontologiques dans le Miocène supérieur de la colline de Montredon, près Bize (Aude).
(*Bull. de l'Assoc. franc. av. sc.*, Congrès de Bordeaux, 1895.)

— — 63. Uber die Fauna von Miocänen Wirbelthieren aus der ersten mediterranstufe von Eggenburg.
(*Sitz. Akad. d. Wiss., Wien math.-naturew. Classe* Bd. CIV, Abth. I, April 1895.)

1895 — 64. Découverte du Mastodon longirostris dans les marnes du Miocène supérieur de Sainte-Foy-lès-Lyon.
(L'Echange, rev. linn. proc. verb. Soc. linn. de Lyon, 24 juin 1895).

— — 65. Sur l'âge de la terrasse quaternaire de Villefranche (Rhône).
(Comp. r. somm. Soc. géol. de France, 3e série, t. XXIII, p. cxc.)

— — 66. Sur les plis tertiaires de Saint-Chinian (Hérault).
(Comp. r. somm. Soc. géol. de France, t. XX, p. clvi.)

— — 67. Observations sur la note de MM. Munier-Chalmas et de Lapparent, sur la nomenclature des terrains sédimentaires.
(Comp. r. somm. Soc. géol. de France, 3e série, t. XXIII, p. xxxiii.)

— — 68. Réponse à MM. Munier-Chalmas et de Lapparent sur le même sujet.
(Comp. r. somm. Soc. géol. de France, 3e série, t. XXIII, p. xlvii.)

— — 69. Sur le rôle de la vallée de la Durance dans la région de Digne-Sisteron comme bassin d'affaissement aux diverses époques du Tertiaire.
(Comp. r. somm. Soc. géol. de France, t. XXIII, p. cxlv.)

— — 70. Aperçu sur l'histoire et la structure de la vallée du Rhône.
(Ann. de Géographie, 1895.)

— — 71. Compte rendu des explorations de 1894 sur les feuilles de Montpellier et de Bédarieux.
(Bull. serv. Carte géol., n° 44, p. 86.)

1896. — 72. Note sur l'Oligocène du ravin de Vanson.
(Bull. Soc. géol., t. XXIII, p. 827.)

— — 73. Note sur les couches tertiaires de Château-Redon (Basses-Alpes).
(Bull. Soc. géol., t. XXIII, p. 874.)

— — 74. Note sur les fossiles oligocènes de Barrême (Basses-Alpes).
(Bull. Soc. géol., t. XXIII, p. 510.)

— — 75. Note sur les fossiles miocènes du Conglomérat de Pierrelongue, près Avignon.
(Bull. Soc. géol. de France, 3e série, t. XXIV, p. 510.)

— — 76. Sur l'existence de Dinosauriens Sauropodes et Théropodes dans le Crétacé supérieur de Madagascar.
(Compt. r. Ac. Sc. Paris, 24 février 1896. *Id., Compt. r. somm. Soc. géol.,* t. XXIV, p. 35.)

1896. — 77. Sur quelques Mammifères de l'étage burdigalien (1er étage méditerranéen) de Suisse et du bassin du Rhône.
(*Compt. r. somm. Soc. géol. de France*, 3e série, t. XXIV, p. 118.)

— — 78. Note sur les Dinosauriens du Crétacé supérieur de Madagascar.
(*Bull. Soc. géol. France.* 3e série, t. XXIV, avec planche.)

— — 79. Observations sur le Quaternaire de Chambéry (avec MM. Kilian et Révil).
(*Compt. r. somm. Soc. géol. de France*, t. XXIV, p. 34.)

— — 80. Quelques réflexions sur les formations tertiaires de l'Algérie.
(*Comp. r. somm. Soc. géol. France*, 3e série, t. XXIV, p. 227.)

— — 81. Compte rendu des explorations de 1895 sur les feuilles de Valence et Bédarieux.
(*Bull. serv. Carte géol.*, n° 53, p. 101 et 114.)

1897. — 82. Réflexions au sujet des formations tertiaires de l'Algérie.
(*Bull. Soc. géol. France*, 3e série, t. XXIV, p. 1115.)

— — 83. Note sur le pliocène et sur les éruptions basaltiques des vallées de l'Orb et de l'Hérault.
(*Bull. Soc. géol. France*, 3e série, t. XXV, p. 64.)

— — 84. Les animaux pliocènes du Roussillon.
(*Mémoire paléontologique*, *Soc. géol. France*, 1897, 195 pages, 19 planches, 1890-1897.)

— — 85. Compte rendu des explorations sur la feuille de Bédarieux.
(*Bull. Service Carte géol. France.* n° 59, p. 68.)

— — 86. Sur l'existence de l'horizon de Ronzon à Ancodus Aymardi dans la province de Barcelone.
(*Compt. rend. somm.*, *Soc. géol. France*, t. XXV, 1897, p. 75.)

— — 87. Découverte du Mastodon angustidens dans l'étage cartennien de Kabylie.
(*Bull. Soc. géol. France*, 3e série, t. XXV, p. 518.)

— — 88. Sur quelques gisements nouveaux de Mammifères quaternaires de l'île de Corse.
(*Compt. r. Ac. s.*, Paris 1897.)

1898. — 89. Etude sur quelques gisements nouveaux de Vertébrés pléistocènes de l'île de Corse.
(*Ann. Soc. Linn. de Lyon*, 1898, 18 pages, 1 planche.)

— — 90. Sur le gisement de Vertébrés aquitaniens des mines d'asphalte de Pyrimont (Savoie).
(*Compt. r. Ac. sc. Paris*, 14 novembre 1898.)

1898. — 91. Compte rendu des explorations de la feuille de Bédarieux.
(Bull. Service Carte géol. de France, t. X, n° 63, p. 67.)

— — 92. Sur l'origine des cailloutis pliocènes alpins de la partie méridionale de la Bresse.
(Bull. Soc. géol. France, t. XXVI, p. 422, 1898.)

1899. — 93. Aperçu général sur la bordure nummulitique du massif ancien de Barcelone et étude de la faune oligocène de Calaf.
(Bull. Soc. géol. France, p. 713.)

— — 94. Observations sur les terrains néogènes de la région de Barcelone.
(Bull. Soc. géol. France, t. XXVI, p. 853.)

— — 95. Compte rendu des explorations de la campagne de 1898 (Feuille de Narbonne).
(Bull. Service de la Carte géol. de France, n° 69, p. 47.)

— — 96. *Id.* (Feuille de Lyon au 1/320.000, p. 70.)

1900. — 97. Sur les terrains néogènes de la Basse-Egypte et de l'isthme de Suez. (En collab. avec M. Fourtau.)
(C. r. Ac. Sc. Paris, 13 août 1900.)

— — 98. Les bassins tertiaires du Rhône.
(Livret-guide, publié par le Comité d'organisation du VIII[e] Congrès géologique internatioual.)

— — 99. Compte rendu sommaire des excursions dans les terrains crétacés et tertiaires du pied de la Montagne-Noire.
(Réunion extraord. Soc. géol. France, octobre 1899.)

— — 100. Notice bibliographique sur Ph. Matheron.
(Bull. Soc. géol. France, t. XXVIII, p. 515, 1900.)

— — 101. Sur les Dinosauriens des étages de Rognac et de Vitrolles du pied de la Montagne-Noire.
(Compt. Soc. Ac. sc. Paris, 5 mars 1900.)

— — 102. Note sur de nouveaux Dinosauriens du Crétacé supérieur de la Montagne-Noire.
(Bull. Soc. géol. France, t. XXVIII, p. 530, 1900.)

— — 103. Compte rendu des explorations de la campagne de 1899; Feuille de Narbonne.
(Bull. serv. Carte géol. France, n° 73.)

— — 104. Monographie de la faune fluvio-terrestre du miocène supérieur du Cucuron.
(En collab. avec M. Sayn.)
(Ann. Soc. Linn. de Lyon, 1900.)

1901. — 105. Revision des formes européennes de la famille des Hyracothérides (2 planches).
(Bull. Soc. géol. France, 4[e] série, t. I, p. 199, 1901.)

1902. — 106. Monographie des Pectinidés néogènes de l'Europe et des régions voisines (1[re] partie), genre *Pecten* (8 planches). En collab. avec M. Roman.
(Mém. soc. géol. de France, Paléontologie, t. X, fasc. 1, 1902.)

— — 107. Aperçu sur la géologie du Chaînon de Saint-Chinian.
(Bull. Soc. géol. France, 3[e] série, t. XXVII, 1899.)

— — 108. Compte rendu des explorations de 1901 sur les feuilles de Narbonne et de Perpignan.
(Bull. serv. Carte géol., n° 85.)

— — 109. Sur les caractères craniens des *Lophiodon*.
(Bull. Soc. géol. France, 4[e] série, t. II, p. 323, 1902)

— — 110. Sur un nouveau gisement de Mammifères de l'Eocène moyen à Robiac, près Saint-Mamert (Gard).
(Comp. r. Ac. s., Bull. Soc. géol. France, 4[e] série, t. II, p. 342, 1902.)

— — 111. Les Vertébrés oligocènes de Pyrimont Challonges (Savoie). (En collab. avec M. Douxami.)
(Mém. Soc. paléont. Suisse, vol. XXIX, 1902.)

— — 112. Sur les caractères craniens et les affinités des *Lophiodon*.
(Comp. r. Ac. sc., t. CXXXIV, p. 1278 (séance du 2 juin 1902.)

— — 113. Sur l'origine et la dispersion géographique du Lagomys corsicanus.
(Comp. r. des séances de l'Ac. des sciences, t. CXXXV, n°21, 24 novembre 1902, p. 884.)

1903. — 114. Sur les anciennes lignes de rivage pliocènes et quaternaires sur les côtes françaises de la Méditerranée.
(C. r. Ac. sc., t. CXXXVI, 4 mai 1903.)

— — 115. Compte rendu des explorations de 1902 sur les feuilles de Narbonne et Perpignan.
(Bull. serv. Carte géol., n° 91, p. 115.)

— — 116. Etudes paléontologiques sur les Lophiodon du Minervois.
(Arch. Mus. Lyon, t. IX.)

— — 117. Note sur les gisements pliocènes et quaternaires marins des environs de Nice.
(Bull. Soc. géol., 4[e] série, t. III, p. 321.)

— — 118. Aperçu géologique sur les montagnes de Calce.
(Bull. Soc. agr. scient. et litt. des Pyr.-Orient., t. XLIV.)

Cartographie géologique.

119. Feuille de Marseille au 80.000e : bassin de Marseille et légende.
120. Feuille de Saint-Etienne au 80.000e : terrains tertiaires et quaternaires et légende.
121. Feuille de Forcalquier au 80.000e : terrains tertiaires et quaternaires et légende.
122. Feuille de Valence au 80.000e : terrains tertiaires et quaternaires et légende.
123. Feuille de Bédarieux au 80.000e : terrains crétacés, tertiaires et quaternaires.
124. Feuille de Narbonne au 80.000e : terrains primaires, jurassiques, crétacés et tertiaires et légende.
125. Feuille de Perpignan au 80.000e : (à l'étude).
126. Carte géologique au millionième 1889 Roussillon et Corbières. *(Serv. cart. géol. France.)*
127. Carte géologique du bassin du Roussillon au 320.000e *(in* thèse de doctorat.)
128. Feuilles au 1/80.000e de Chambéry, Nantua (révision), Le Vigan, Montpellier, direction et coordination des travaux.

EXPOSÉ

DES TITRES GÉOLOGIQUES

L'histoire de la Terre, but et objet essentiel de la Géologie, se divise naturellement en trois grandes époques, qui sont les temps *Primaires*, *Secondaires* et *Tertiaires*. En présence de l'infinie diversité des faits et des documents recueillis sur tous les points du globe pour chacune de ces époques, les géologues ont été amenés à se spécialiser plus ou moins dans l'étude de l'une de ces grandes périodes, au moins en ce qui concerne leurs recherches personnelles.

Depuis bientôt un quart de siècle je n'ai cessé de consacrer mes efforts à l'étude de l'histoire géologique et paléontologique des temps *tertiaires* (et de leur annexe naturelle, les temps *quaternaires)* sur une grande partie de l'Europe et de l'Afrique du Nord, avec quelques incursions passagères dans le domaine des autres époques.

Une bonne partie de ces recherches ont été exécutées sous les auspices du *Service de la Carte géologique de France* auquel M. le directeur Michel Lévy a bien voulu me faire attacher comme *Collaborateur principal*. C'est ainsi que j'ai été amené à exécuter seul ou avec l'aide de mes élèves des levés géologiques très étendus sur les feuilles au 1/80000 de *Marseille*, *Forcalquier*, *Valence*, *Saint-Etienne*, *le Vigan*, *Montpellier*,

Bédarieux, *Narbonne*, *Perpignan* et *Céret*. J'ai aussi levé (avec M. Delafond) la carte géologique au 1/320.000 de la vallée de la Saône ou région de la Bresse.

Mais j'ai également effectué des recherches personnelles en dehors du territoire de la France, et j'ai entrepris à plusieurs reprises des voyages d'études géologiques dans le bassin du Danube, la Russie, l'Allemagne du Sud, la Suisse, l'Italie, la Corse, l'Algérie, l'Espagne. Ces explorations lointaines m'ont permis de recueillir des termes de comparaison précieux pour l'étude des formations similaires du territoire français et aussi de publier des travaux géologiques d'une portée plus large et plus générale.

J'exposerai les principaux résultats de mes recherches en allant de la période quaternaire vers les époques plus anciennes.

On remarquera dans tous ces travaux une prédilection manifeste pour les *méthodes paléo-géographiques*, comprenant non seulement la recherche et le tracé des anciens continents et des anciens rivages, mais aussi la distribution des facies lithologiques et fauniques dans les mers et à la surface des continents, les migrations de faunes, les déformations de la croûte terrestre amenant des transgressions et des régressions de la mer, etc. Ces méthodes, dont l'initiative féconde appartient surtout à M. le professeur E. Suess, ont écarté la géologie de l'ancienne *méthode analytique* avec ses énumérations arides de terrains et de fossiles, pour la rapprocher de plus en plus de son but, l'*exposé vraiment historique des événements du passé*.

NOTA. — Les numéros entre parenthèses renvoient à la liste bibliographique insérée à la fin du deuxième fascicule de cette Notice.

I. ÉPOQUE QUATERNAIRE

La géographie marine de l'époque quaternaire ayant été dans l'ensemble, peu différente de la géographie actuelle, il est logique que les travaux des géologues aient eu surtout pour objet les *dépôts continentaux*, fluviatiles ou glaciaires de cette période. Les dépôts marins quaternaires ont été généralement peu étudiés.

Les dépôts quaternaires marins de la Méditerranée. — Je me suis attaché spécialement à la recherche et à l'étude des formations marines de la côte française de la Méditerranée (117) en combinant cette étude avec celle des faunes continentales de l'île de Corse et je suis arrivé à la conclusion que les modifications géographiques de l'époque quaternaire et de la fin du Pliocène étaient plus importantes qu'on ne le soupçonne généralement.

J'ai fait connaître aux environs de Nice des faits nouveaux qui établissent l'existence d'une série de lignes de rivage s'abaissant de plus en plus depuis le Pliocène ancien jusqu'à l'époque actuelle. L'altitude du rivage se trouvait à 180 mètres au début du Pliocène, à 60 mètres à l'époque du Pliocène supérieur, à 25 mètres à l'époque du Quaternaire récent. J'ai comparé ces oscillations de la mer sur la côte de Nice aux déplacements analogues observés en d'autres points du littoral français et de l'ensemble des côtes méditerranéennes, et je suis arrivé à montrer que le parallélisme de ces anciennes lignes de rivage se poursuit sur d'énormes étendues géographiques. C'est d'une coordination générale de ces observations altimétriques précises, jusqu'ici trop négligées, que l'on doit attendre la solution définitive du

problème encore très discuté du sens des mouvements relatifs des continents et de la surface marine.

Quoi qu'il en soit de cette question générale très intéressante, la découverte sur la côte de Nice de l'horizon *sicilien* (Pliocène supérieur) et du Quaternaire marin à *Strombus mediterraneus* constituent des faits absolument nouveaux et importants pour la géologie de la France.

La Corse (88,90,114). — L'histoire géologique et paléogéographique de l'île de Corse était encore peu connue. Des analogies pétrographiques et tectoniques ont fait naître depuis longtemps l'hypothèse que la Corse n'est qu'un débris d'un grand massif primaire en grande partie effondré sous les eaux du golfe du Lion, et dont les montagnes des Maures représentent le bord opposé. Grâce à la découverte d'animaux terrestres, à affinités toutes pliocènes, dans des brèches osseuses et des fentes de rochers du cap Corse et des environs de Bonifacio, j'ai pu démontrer que la séparation de la Corse d'avec le continent de Provence datait seulement du début du Quaternaire. Jusque vers la fin de l'époque pliocène, la Corse, unie à une partie de la Sardaigne, constituait une longue péninsule, une sorte d'Italie en miniature, rattachée à la terre cristalline des Maures. Les différences notables des faunes de mollusques pliocènes marins à l'Est et à l'Ouest de cette ancienne péninsule confirment tout à fait cette hypothèse.

Les vallées du Rhône et de la Saône. — J'ai consacré de nombreux mémoires (4, 10, 13, 15, 21, 28, 39, 49, 50, 58, 65, 70, 79, 92, 96) à l'étude des terrains de transports *fluviatiles, fluvio-glaciaires et glaciaires* du bassin de la Saône et de celui du Rhône.

La région de Valence (53) m'a offert le type le plus complet et le plus intéressant des *terrasses* fluviales qui marquent les étapes successives du creusement de la vallée du Rhône depuis le début

du Pliocène supérieur jusqu'à l'époque actuelle. J'ai distingué et délimité dans cette région six terrasses de graviers alpins étagées sur une hauteur verticale de plus de 200 mètres. Trois de ces terrasses, les plus hautes (respectivement aux cotes de 200, 140, 90 mètres au-dessus du thalweg actuel) sont pliocènes; les trois plus basses (aux cotes respectives de 60, 40, 15 mètres au-dessus du Rhône) représentent les temps quaternaires. Des terrasses semblables et sensiblement aux mêmes altitudes ont été retrouvées dans les vallées du Rhin, de la Moselle, de l'Isser, en Algérie, et témoignent de l'unité et de la généralité de la cause qui a présidé au creusement de nos vallées actuelles.

Nous avons tenté (avec M. Delafond) (58) d'analyser et de préciser les causes du creusement et du remblaiement des vallées pliocènes et quaternaires, et nous avons pu en donner une théorie générale fondée essentiellement sur les modifications de la pente générale de la vallée, soit par un relèvement de la région montagneuse, soit surtout par les variations du niveau de base (abaissement ou relèvement de la surface marine) qui sert de point de départ à l'érosion régressive et à l'établissement des profils d'équilibre.

J'ai contribué à établir (10, 58), en partie avec M. Delafond, l'existence, dans la région lyonnaise, de deux *phénomènes glaciaires* ou *glaciations* ayant donné lieu à la formation de deux systèmes de *moraines*. L'un, celui des *moraines externes* (maximum d'extension des glaciers alpins), qui s'étalent jusque sur les collines de la ville de Lyon ; l'autre celui des *moraines internes* formant un *amphithéâtre* concentrique au précédent étendu de Saint-Quentin à Anthon. Les moraines externes reposent indistinctement sur la terrasse des graviers pliocènes (140^{m}) ou sur la haute terrasse quaternaire (90^{m}) avec lesquelles elles ne paraissent avoir aucun lien commun d'origine tandis que les moraines internes sont le point de départ et l'origine des nappes de graviers qui forment la basse terrasse (15^{m}).

J'ai recherché et poursuivi, en collaboration avec M. Kilian, les deux systèmes glaciaires des environs de Lyon, dans la vallée de l'Isère en Savoie, et dans la dépression de Beaurepaire, où ils sont représentés respectivement par les moraines externes de Thodure et par les moraines internes de Rives. Les études que je poursuis dans cette voie avec mon collègue de Grenoble m'ont permis de réunir déjà les éléments d'une Monographie d'ensemble des formations quaternaires fluviatiles et glaciaires des Alpes françaises.

Dans la région du Jura méridional, j'ai étudié (96) les changements de cours du Rhône dans sa traversée des chaînes jurassiennes, entre le lac de Genève et les plaines lyonnaises. J'ai montré que le *Rhône tout entier* passait, au début du quaternaire, à l'époque de la haute terrasse, par la cluse aujourd'hui presque sèche de Culoz-Ambérieu, que suit la ligne ferrée de Genève. Le Rhône s'est ensuite successivement détourné de plus en plus vers le Sud, passant d'abord par le bassin de Belley et ne prenant son cours actuel que très tardivement à l'époque post-glaciaire.

Dans le bassin de la Saône (58) j'ai étudié les formations quaternaires encore peu connues de cette grande vallée. Nous avons pu distinguer, avec M. Delafond, un niveau ancien, celui des *marnes* et *sables de Châlon-Saint-Cosme*, caractérisé par une faune de Mollusques et de Vertébrés qui place cet horizon à la limite du Pliocène et du Quaternaire. A un niveau inférieur se montre une basse terrasse de *sables et graviers* appartenant au Quaternaire ancien. La localité de Villefranche-sur-Saône m'a fourni à ce niveau un gisement très remarquable où abonde le *Rhinoceros Mercki*, caractéristique de la *faune chaude interglaciaire*. J'ai découvert dans ce même gisement (39) des silex taillés de type *moustérien*, qui sont le plus ancien document connu *en place* de la présence de l'homme dans cette contrée.

Les phosphorites quaternaires d'Uzès. — Le phénomène

de remplissage des fentes de calcaires par des dépôts de phosphate de chaux concrétionné *(phosphorite)* a été extrêmement fréquent sur les plateaux jurassiques du Quercy au début de la période oligocène. Dieulefait a montré que ces dépôts phosphatés provenaient d'un phénomène de décalcification des calcaires jurassiques encaissants, qui sont riches en phosphate. J'ai fait connaître (60) sur les plateaux urgoniens des environs d'Uzès l'existence de poches à phosphorite identiques à celles du Quercy, mais datant de l'extrême début de l'époque quaternaire. Ces phosphorites quaternaires n'ont pas la même origine que celles du Lot, car les calcaires encaissants sont peu ou pas phosphatés, et j'ai dû rechercher l'origine du phosphate dans la lixivation du Gault qui recouvrait autrefois ces plateaux et dont j'ai pu encore retrouver quelques menus lambeaux avec les fossiles phosphatés caractéristiques.

II. ÉPOQUE PLIOCÈNE

Le Roussillon. — Cette contrée, qui comprend l'extrémité orientale de la chaîne des Pyrénées, était avant nos recherches, une *terre presque inconnue* des géologues. J'ai consacré plusieurs années à l'exploration de ce pays qui m'a fourni le sujet de ma *Thèse de Doctorat ès sciences* (5).

J'ai consacré un important chapitre d'*Introduction* à l'étude des terrains cristallins, primaires et crétacés inférieurs qui constituent l'extrémité de la chaîne et comprennent le massif des Albères, les avant-monts du Canigou, et la partie méridionale des Corbières orientales; je reviendrai plus loin sur ces terrains.

Le grand golfe ou bassin pliocène du Roussillon, objet principal de mon travail, est le plus important et le plus étendu des affleurements pliocènes du sol français. Il m'a fourni une coupe d'ensemble très précieuse de ce terrain, comprenant les *argiles bleues plaisanciennes* à la base, puis les sables argileux à *Pecten scabrellus* et les *sables jaunes astiens* avec niveau saumâtre supérieur à *Potamides Basteroti* et *Congéries*, que couronnent d'épaisses accumulations de limons continentaux à faune terrestre, et enfin les cailloutis quartzeux des plateaux. J'ai étudié les faunes marines successives de ces divers horizons et j'ai fait connaître l'importante faune d'animaux terrestres enfouie dans les limons des environs de Perpignan, faune devenue depuis ces travaux tout à fait classique.

La coupe du Pliocène du Roussillon m'a donné un point de départ solide pour les comparaisons avec le Pliocène du bassin du Rhône, d'Italie, d'Espagne, d'Algérie et pour la fixation du niveau précis des faunes de Vertébrés terrestres de la Bresse et du plateau central français. Les idées générales sur la succession

stratigraphique de ces faunes dans toute l'Europe, que j'ai exposées pour la première fois dans mon *Mémoire sur le Roussillon* et que j'ai successivement perfectionnées et complétées dans d'autres travaux (33, 43, 57) sont maintenant adoptées par les géologues et les paléontologistes d'une manière à peu près unanime.

Au point de vue tectonique, j'ai montré que, contrairement aux idées généralement reçues, le Pliocène inférieur du Roussillon avait été l'objet de dislocations assez importantes, conséquence de mouvements orogéniques post-pliocènes, dont la généralité se reconnaît de plus en plus sur le bord nord de la zone méditerranéenne, depuis la France jusqu'à la mer Noire.

Le Languedoc.— Le Pliocène du Languedoc était à peu près inconnu, en dehors des affleurements célèbres des environs de Montpellier. A l'occasion du levé des feuilles de Bédarieux et de Narbonne (71, 81, 83, 85), j'ai découvert et délimité les dépôts que la mer Pliocène a laissés dans les vallées de l'Orb et du Libron, ce qui constitue une contribution importante à la paléogéographie de cette époque. J'ai, en outre, fait connaître le grand développement que prennent dans les vallées de l'Aude, de l'Orb et de l'Hérault les dépôts continentaux sablo-limoneux du Pliocène moyen, jusque là partout confondus avec la mollasse miocène.

La question des couches à Congéries (5, 31, 49, 50). — Peu de problèmes de la géologie du Midi de la France ont donné lieu à autant de difficultés et de discussions que celui de l'âge exact des couches saumâtres caractérisées par les genres *Congeria*, *Dreissensia*, *Limnocardium*, qu'on observe en affleurements épars depuis le Roussillon jusqu'au Bas-Dauphiné, en passant par le Gard et le Vaucluse. Mayer-Eymar, Tournouër, Fontannes, avaient exprimé des opinions très diverses et parfois changeantes sur l'âge de ces couches, les uns y voyant l'équiva-

lent des couches à Congéries miocènes du bassin du Danube, les autres les plaçant à la base du pliocène marin. après les avoir d'abord rattachées au sommet de cette formation.

Mes recherches stratigraphiques sur le Roussillon, sur les environs de Théziers (Gard), et sur ceux de Visan (Vaucluse), m'ont permis de donner la solution définitive de cette intéressante question, en montrant : 1° que toutes les couches à Congéries du bassin du Rhône sont d'âge pliocènes et n'ont rien de commun avec les couches à Congéries du bassin de Vienne ; 2° que les divergences des stratigraphes sur cette question s'expliquent par le fait qu'il existe dans le Sud-Est de la France deux horizons distincts de couches à Congéries, l'un le plus important à la base du pliocène marin, comme phénomène précurseur de l'invasion de cette mer ; l'autre moins fréquent, au sommet de l'Astien marin, à titre de phénomène de dessalure de la mer pliocène en voie de régression.

La Bresse (15, 16, 21, 22, 34, 52, 58). — La grande dépression qui s'étend entre la chaîne du Jura et le plateau central sur une longueur de 250 kilomètres de Vesoul à Lyon, était l'une des régions naturelles de la France dont l'étude géologique était la moins avancée. La rareté des coupes naturelles, leur manque de continuité, la dispersion des gisements fossilifères, la monotonie du pays elle-même constituaient autant d'obstacles à la connaissance de l'histoire géologique de ce bassin de la Saône qui a joué le rôle d'une région d'affaissement presque continu depuis le début des temps tertiaires.

J'ai consacré plusieurs années (avec M. l'ingénieur Delafond), à parcourir cette contrée dans tous les sens et à y recueillir les éléments d'une Monographie qui a été publiée sous les auspices du *Ministère des Travaux publics*, avec le titre : *Les terrains tertiaires de la Bresse et leurs gites de lignite et de minerai de fer*, accompagné d'une carte géologique d'ensemble au 320.000ᵉ.

Il serait monotone d'entrer ici dans le détail de la succession des nombreux horizons Eocènes, Oligocènes, Miocènes, Pliocènes et Quaternaires que nous avons reconnus et établis dans ce bassin. Il sera plus intéressant de résumer synthétiquement les traits les plus saillants de l'histoire géologique de la Bresse.

Après le dépôt des *terrains crétacés*, les mouvements orogéniques alpins se sont fait sentir et la cuvette bressane a commencé à s'esquisser. La craie supérieure émergée a subi des érosions considérables et le résidu de son altération a constitué les argiles à silex et les sables bariolés des côtes chalonnaise et mâconnaise (Eocène inférieur).

Un peu plus tard (Eocène moyen), se sont déposés dans la cuvette devenue lacustre les calcaires à *Planorbis pseudo-ammonius* lutétiens.

Les dépôts de l'époque *Oligocène* sont plus développés. Les témoins qui en subsistent sont assez nombreux pour nous laisser reconstituer les limites d'un vaste lac lagunaire étendu au Nord jusqu'au delà de Gray et en continuité au Sud avec les lagunes plus marines de la vallée du Rhône. La largeur de ce lac dépassait les limites de la cuvette actuelle.

A la fin de l'*Oligocène* et sous l'influence des mouvements alpins, de nouvelles dislocations sont intervenues : le géosynclinal bressan s'est accentué et a permis la pénétration de la mer Miocène. Toutefois, la cuvette entière n'a pas été envahie et les dépôts miocènes marins et saumâtres se montrent seulement dans la région sud-occidentale de la Bresse, ne dépassant pas au Nord la ville de Lons-le-Saunier. Le reste de la dépression de la Bresse était devenu un continent parcouru par les animaux terrestres.

Après le *Miocène*, les mouvements orogéniques acquièrent dans les Alpes et le Jura leur maximum d'intensité ; la vallée bressanne s'effondre et, par l'effet d'une compression latérale énergique, les plis du Jura redressent jusqu'au delà de la verticale les couches de l'Oligocène et du Miocène. Il se forme ainsi une profonde

et vaste cuvette toute préparée pour recevoir les dépôts pliocènes.

A l'époque du *Pliocène inférieur,* la mer occupait la majeure partie de la vallée du Rhône jusque près de Lyon et la Bresse constituait un lac dont les eaux s'écoulaient vers le Sud dans la mer Pliocène. Dans ce lac en voie d'affaissement continu, se sont accumulés sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur des sédiments fins, dans lesquels nous avons pu distinguer : une zone inférieure marneuse (zone de Mollon), une zone moyenne de sables, de marnes et d'argiles réfractaires avec minerais de fer (zone de Condal), et une zone supérieure marneuse (zone d'Auvillars).

Pendant que s'effectuaient ces dépôts, la forme de la cuvette bressane se modifiait progressivement; il en résulte que la zone de Mollon est localisée dans le Sud, que la zone moyenne occupe presque toute la dépression, tandis que la zone supérieure ne s'est formée que dans la région centrale du côté de l'Ouest. Les mouvements orogéniques ont continué jusqu'à la fin du Pliocène inférieur, dont les assises se montrent assez fortement relevées au pied du Jura, contrairement aux idées jusque-là admises.

Le *Pliocène moyen* et le *Pliocène supérieur* présentent des caractères tout autres : ce sont des dépôts essentiellement fluviatiles. La formation de ces alluvions a été accompagnée de phénomènes assez complexes que je vais rapidement analyser.

Nous avons dit que le relèvement en masse des couches du Pliocène inférieur avait eu, pour cause première, une dernière surélévation de la chaîne des Alpes. Ce changement de la pente générale fut accompagné d'un creusement des vallées jusqu'à 10 mètres au moins au-dessous du niveau actuel. Des glaciers ne tardèrent pas à s'établir sur le massif alpin surélevé et à s'avancer progressivement vers les plaines. C'est à l'établissement de ces glaciers que nous attribuons l'intensité remarquable du phéno-

mène de transport de graviers qui caractérise la fin du Pliocène et le Quaternaire.

A l'époque du Pliocène moyen, le Rhône, encombré par des masses de galets amenés par des torrents glaciaires, comble son lit sur une hauteur de plus de 100 mètres. La Saône et le Doubs, dont les niveaux dépendent de celui du Rhône, sont obligés de combler également leurs vallées. C'est alors que se forment les *cailloutis et tufs de Meximieux et de Montluel*, les *sables de Trévoux*, les cailloutis d'Azans, près Dôle, etc.

L'activité torrentielle s'accentue encore avec le *Pliocène supérieur*, par suite de la progression des glaciers. Les nappes de graviers alpins franchissent la plaine suisse, encore incomplètement creusée, sur un plan incliné de terrains mollassiques, qui leur permet d'emprunter les cols du Jura méridional (92), pour s'étaler sur la Bresse, par les vallées du Suran, de l'Ain et du Rhône. Au même moment, le Rhin, *alors tributaire de la Saône*, amenait à travers le Jura septentrional, par la vallée du Doubs, les cailloutis alpins de la forêt de Chaux et de la forêt d'Arne.

A cette période de grands remblaiements, succède une nouvelle période de creusement des vallées. Le creusement n'est pas continu, mais interrompu par des temps d'arrêt, pendant lesquels l'alluvionnement s'opère de nouveau. Ces phénomènes provoquent sur le pourtour de la cuvette bressane la formation de dépôts de cailloutis étagés en terrasses, qui sont jusqu'au nombre de cinq dans la Dombes. La terrasse de 40 mètres est surtout fort étendue et occupe la majeure partie de la Bresse centrale. C'est elle qui renferme les gisements classiques de l'*horizon de Chagny*. (Voir plus haut l'histoire quaternaire de la Bresse.)

J'ai fait, en outre, dans ce mémoire, une étude détaillée des faunes successives de Mollusques qui caractérisent les divers horizons de la Bresse, depuis l'Eocène jusqu'au Quaternaire. Pour le Pliocène, en particulier, je suis arrivé à établir une corrélation étroite et tout à fait inattendue des faunes de la Bresse

avec celles des *lacs levantins pliocènes* du bassin du Danube et de la région de la mer Egée. La faune de ces lacs est caractérisée par une tendance de plus en plus marquée à mesure qu'on s'élève stratigraphiquement, à l'ornementation du test (côtes, carènes, tubercules) des différents genres de Mollusques à quelque groupe zoologique qu'ils appartiennent : tels les *Vivipara*, *Melanopsis*, *Valvata*, *Unio*, *Sphœrium*, etc. Quelles que soient les causes biologiques, encore obscures, de ce phénomène, j'ai retrouvé en Bresse, une succession et une évolution tout à fait identiques à celles de l'Orient, ce qui m'a permis de préciser les parallélismes jusque là restés fort vagues avec les couches levantines.

Le Pliocène d'Espagne et d'Algérie. — J'ai visité les couches pliocènes des environs de Barcelone et fait ressortir (94) les similitudes avec le Pliocène du Roussillon, en particulier au point de vue du grand développement que prennent les limons continentaux du Pliocène moyen, dans le bassin de l'Ampourdan et dans la grande vallée longitudinale qui recoupe le massif primaire du littoral catalan. L'importance de ces formations avait échappé aux observateurs précédents.

En Algérie (82), j'ai émis et défendu l'opinion que les marnes bleues des vallées de Kabylie et du Sahel d'Alger, considérées, après Pomel, comme miocènes (étage Sahélien) étaient, en réalité, pliocènes et correspondaient trait pour trait aux argiles plaisanciennes du Piémont et de la vallée du Rhône. Cette opinion paraît avoir rallié aujourd'hui la majeure partie des stratigraphes.

III. ÉPOQUE MIOCÈNE

Mes recherches sur l'époque miocène forment sans doute le point le plus important de mon œuvre stratigraphique.

Coordination générale du Miocène (42,47). — L'histoire de la période Miocène en Europe était encore, il y a une dizaine d'années, tout à fait confuse et remplie de contradictions sur les points les plus fondamentaux. C'est ainsi que, dans le bassin de Vienne, M. E. Suess avec la plupart des géologues autrichiens reconnaissaient deux grandes transgressions marines (1er et 2e étages méditerranéens) séparées par une période de régression correspondante au dépôt du *Schlier*. La fin de la période miocène ou *Miocène supérieur* correspondait à des phénomènes de dessalure et de régression de plus en plus accentués à travers les étages *Sarmatique* et *Pontique*.

En France, au contraire, sous l'influence alors dominante des travaux suisses, on n'admettait avec Fontannes qu'une seule invasion marine représentée par le grand étage *Helvétien* ou Mollasse marine, suivi d'une régression dite *Tortonienne*, dont les dépôts saumâtres et continentaux (Mollasse d'eau douce supérieure) étaient considérés comme équivalents des formations marines de Tortone en Italie, et de Baden en Autriche. Mais que devenaient alors dans la Méditerranée occidentale les grands étages Sarmatique et Pontique de géologues d'Orient, puisque Fontannes et moi-même avions démontré (31,50) l'âge pliocène des couches à Congéries de la vallée du Rhône et de l'Italie ?

En ce qui concernait la succession stratigraphique des faunes terrestres, le désaccord était plus frappant encore, puisque d'un

avis unanime les géologues suisses, bavarois et autrichiens plaçaient *au-dessus* de la Mollasse marine la *faune dite de Sansan*, que les travaux français plaçaient non moins unanimement à la base du Miocène marin dans un étage à facies continental dit *Langhien*.

M. E. Suess, dans l'admirable exposé de l'histoire de la Méditerranée qui forme l'un des importants chapitres de l'*Antlitz der Erde*, avait contribué plus que tout autre à faire ressortir à mes yeux ces difficultés de coordination. Il me semblait impossible, à la suite de la lecture des travaux suisses, allemands et autrichiens que de pareils dissentiments pussent porter sur les faits ou sur des erreurs d'observation et il devenait vraisemblable de les attribuer à une manière différente de comprendre les limites des grands étages, c'est-à-dire à un défaut d'observations comparatives.

Le point de départ de mes recherches a été le bassin du Rhône, déjà illustré par les belles Monographies de Fontannes, dont j'ai dû assurer la tâche de continuer l'œuvre stratigraphique. Après la mort de ce savant, je repris d'abord, en utilisant quelques-unes de ses notes manuscrites, l'étude détaillée des *Terrains tertiaires marins de la côte de Provence*. Les résultats stratigraphiques de cette étude publiée en deux volumes (24,36) constituaient déjà un important progrès dans la connaissance du Miocène méditerranéen. Ce travail révélait, en effet, l'existence, à la base de ce terrain, de deux horizons géologiques jusque-là méconnus, l'*Aquitanien marin* de la région de Carry et le *Langhien marin* de Sausset, avec des faunes tout à fait analogues à celles des faluns de Mérignac, de Saucats et de Léognan dans le Bordelais. C'était seulement au-dessus de ces horizons du *Miocène inférieur* que j'observais sur la côte de Provence le véritable *Helvétien* ou *Miocène moyen* avec la faune de Touraine, de Saint-Gall et de Grund.

Ainsi se précisait déjà à mon esprit la possibilité de suivre ces

divers horizons, en remontant le bras de mer miocène qui faisait le tour des Alpes par la vallée du Rhône et la Suisse jusqu'au bassin du Danube.

C'est dans le but d'éclaircir définitivement l'histoire si mal établie de la Méditerranée miocène que j'ai entrepris un long voyage d'études comparatives le long de la chaîne des Alpes par la Suisse, le duché de Bade, le Wurtemberg, la Bavière, l'Autriche, la Hongrie et enfin l'Italie du Nord. Le but de cette étude était précis; les résultats ont été, comme on va le voir, décisifs.

En remontant la vallée du Rhône, je suivais sans difficulté les dépôts du Miocène inférieur ou premier étage méditerranéen, représentés par les *sables à Scutelles* et la *mollasse marno-calcaire de Saint-Paul-Trois-Châteaux* jusque dans le Jura méridional et je constatais qu'en Suisse, la partie supérieure seule de ces assises trouvait un équivalent dans le *Muschel-sandstein* des géologues suisses. Puis, de proche en proche, j'arrivais au pied du massif bohème, dans le bassin de Horn ou *bassin extra-alpin* de Vienne et j'étais frappé de l'identité stratigraphique et paléontologique du premier étage méditerranéen de M. Suess avec notre mollasse inférieure du Dauphiné, avec les couches de la cité de Carry et avec les faluns inférieurs du Bordelais. L'unité et l'extension du premier étage méditerranéen dans tout le synclinal subalpin se trouvait ainsi définitivement établie.

Pour le Miocène moyen (Helvétien-Tortonien), les graves difficultés résultant de l'idée fausse que les géologues français s'étaient faite de l'antériorité de la faune de Sansan, par rapport aux dépôts marins helvétiens, disparaissaient à leur tour devant la constatation formelle des types les plus caractéristiques de cet horizon dans le Tortonien et le Sarmatique du bassin de Vienne et dans toute la *mollasse d'eau douce supérieure* de la Suisse et de la Bavière.

Par cette constatation même, nos couches d'eau douce du Mio-

cène supérieur français qui ne contiennent plus la *faune de Sansan*, mais la *faune (très différente) de Pikermi* cessaient de pouvoir être considérées comme *tortoniennes*, mais devenaient rigoureusement équivalentes de l'étage Poutien de l'Orient qui renferme les mêmes types d'animaux terrestres.

L'histoire de la période miocène dans toute l'Europe s'éclairait ainsi d'un jour nouveau et je pouvais la synthétiser dans les grandes lignes suivantes :

Au-dessus des formations presque partout lagunaires de la fin de l'Oligocène (Aquitanien), on doit distinguer un grand *étage inférieur* avec l'horizon des faluns de Saucats et de Léognan à la base et celui de la mollasse calcaire du bassin du Rhône au sommet. Le premier de ces horizons répond à une phase de début encore peu prononcée de la transgression marine miocène qui, dans le bassin du Rhône, atteint seulement la Drôme, tandis qu'avec l'horizon supérieur, elle pénètre en Dauphiné, en Savoie, en Suisse et, de là, par la Bavière, jusqu'au bassin extra-alpin de Vienne.

A ce premier groupe naturel de couches qui répond exactement au *premier étage méditerranéen* d'Autriche, j'ai appliqué le nom d'étage *Burdigalien*, à cause de la riche faune des faluns de Bordeaux. La faune d'animaux terrestres de cet étage a un cachet archaïque par la présence d'un Anthracathéridé *(Brachyodus)*, des *Palæochærus*, de l'état peu ramifié du bois des Cervidés (faune des sables de l'Orléanais et d'Eggenburg).

Au *2e étage méditerranéen* répondent deux sous-étages qui ont avant moi reçu le nom de *Helvétien* et de *Tortonien*, bien que leur séparation soit pour ainsi dire impossible lorsqu'ils se présentent sous le même facies. Il s'agit bien, en réalité, d'une seule période à laquelle j'ai appliqué le nom d'étage *Vindobonien*, à cause de la richesse des gisements fossilifères des environs de Vienne.

Le *Vindobonien inférieur* a pour type l'horizon fossilifère le

plus important de la Suisse, celui de Saint-Gall et de Berne. Il peut être désigné sous le nom d'Helvétien et répond au maximum de transgression de la mer Miocène qui envahit à ce moment la Touraine, la Randen, les environs d'Ulm et forme en Autriche, au-dessus du Schlier, les sables de l'horizon du Grund. En Italie, se déposent à la même époque les marnes à Ptéropodes des Langhe, surmontés par les sables verts de la Superga, attribués à tort jusqu'ici au 1er étage méditerranéen. Dans le bassin du Rhône, cet étage répond à une masse de sables et de grès, terminée par l'horizon marno-calcaire du Visan.

La phase de régression commence avec le sous-étage supérieur ou *Tortonien*, pendant lequel la mer de la vallée du Rhône est séparée de celle du bassin de Vienne par une large région exondée où s'est formée la *mollasse d'eau douce supérieure* de Suisse et de Bavière,

Enfin, avec l'étage Pontique ou des couches à Congéries de Vienne, la régression atteint son minimum et la Méditerranée presque entière se trouve asséchée et remplacée par des lagunes saumâtres. Grâce à ces conditions géographiques spéciales, des communications nouvelles s'établissent entre l'Europe et l'Afrique ou l'Asie-Mineure et une nouvelle faune d'animaux terrestres, à affinités africaines, la *faune de Pikermi* envahit le continent européen et nous fournit un point de repère très net pour délimiter le Miocène supérieur.

Les conclusions de cette étude ont été adoptées par la plupart des géologues et sont passées dans les traités classiques.

Le Miocène de l'Italie du Nord. — J'ai étudié (45,47) le Miocène des collines de Montferrat et du pied de l'Apennin ligure comparativement à celui de l'Autriche et de la France. J'ai montré que le *Burdigalien* y était représenté par des grès et des psammites peu fossilifères et confondus pour ce motif avec l'Aquitanien sous-jacent. Les marnes à Ptéropodes qui lui succèdent

et qui sont le type de l'étage *Laughien* de M. Meyer occupent une position intermédiaire entre le Burdigalien et le Vindobonien et se placent, en conséquence, au niveau du Schlier d'Autriche. Ce facies pélagique des marnes à Ptéropodes ne constitue d'ailleurs ~~pas un~~ niveau bien défini, car il se reproduit de nouveau avec un aspect identique au-dessus des *grès serpentineux de la Superga;* ceux-ci répondent exactement à l'Helvétien *(sensu stricto)* et non au 1er étage méditerranéen, comme le pensait M. Suess.

Au-dessus des marnes *tortoniennes* de Saint-Agathe, le Miocène se termine par la *formation gessoso solfifera* que surmontent des limons rouges et des cailloutis torrentiels jusque-là méconnus par les auteurs. Ces couches continentales répondent à la grande phase de régression du Pontique.

Le Miocène de Languedoc. — Dans la région de Béziers et de Narbonne, le Miocène présente quelques particularités intéressantes (83,99). Le Burdigalien annonce le début d'une transgression encore peu accusée et dépassant peu le rivage actuel ; au contraire, la mer Vindobonienne s'est avancée beaucoup plus loin et a baigné le pied des massifs anciens de la Montagne-Noire et des Cévennes méridionales. Les phénomènes de rivage (estuaires, conglomérats, falaises), sont très fréquents le long de ces massifs et j'ai pu décrire à Autignac un *récif frangeant à polypiers*, le seul de cette époque qui existe en France.

Le Miocène supérieur (Pontique) est bien représenté dans les collines de Montredon (61, 62), où se trouve un admirable gisement que j'ai longuement fouillé pour y recueillir la faune terrestre de cette époque.

Le Miocène supérieur de Cerdagne. — J'ai décrit (6, 8), en colloboration avec M. Rérolle, la stratigraphie du bassin lacustre de Cerdagne situé sur le versant espagnol des Pyrénées,

et montré en nous appuyant à la fois sur les faunes et les flores fossiles, que ce bassin, jusque-là attribué à l'époque pliocène, était en réalité miocène et correspondait exactement à l'époque pontique.

Le Miocène en Egypte. — Les documents recueillis par M. Fourtau dans l'isthme de Suez, la région du Caire et le Sinaï m'ont permis (97, 106) d'apporter un important progrès à la connaissance des terrains tertiaires de la région égyptienne.

Le Burdigalien, dont l'existence n'était pas soupçonnée en Egypte, malgré les travaux de Schweinfurth, de Beyrich, de Zittel, etc., est bien développé au pied du Gebel Geneffe et se compose de grès à Echinides et faune de Pectinidés caractéristique. On retrouve le même étage à l'Onady Wettern sur le flanc du massif du Sinaï.

Le Vindobonien est en superposition sur l'étage précédent au Gebel Geneffe; il comprend à la base un horizon de marnes gypsifères qui est intéressant parce qu'il rappelle la phase de régression et d'évaporation du *Schlier* dont il occupe la position stratigraphique. Puis viennent des mollasses calcaires *helvétiennes* à Pectinidés spéciaux, et le tout se termine par des bancs de Polypiers très développés (récifs miocènes).

La mer pliocène a également pénétré dans la basse vallée du Nil et a laissé aux environs du Caire, près des pyramides de Gizeh, des dépôts de sables jaunâtres à grandes Clypéastres et bancs de *Pecten* d'espèces identiques à ceux du Pliocène français. Un fait spécialement intéressant est la présence du *Pecten Erythræensis* qui vit actuellement dans la mer Rouge. Cette espèce a dû s'introduire de la Méditerranée dans la mer Rouge à une époque où la première de ces deux mers s'étendrait plus au Sud, à travers l'isthme de Suez, sur une partie de la région érythréenne.

La question du facies marin du Pontien. — J'ai déjà indiqué que le Miocène supérieur ne se montrait partout en Europe qu'à l'état de dépôts saumâtres et continentaux et que nulle part on n'observait de couches de cet âge franchement marines. M. Ed. Suess, frappé de cette absence de dépôts marins pontiens, avait émis l'hypothèse, d'ailleurs assez rationnelle, que les lignes de rivage de cette époque de grande régression de la mer étaient plus basses que les rivages actuels et échappaient en conséquence à notre observation. Cette hypothèse avait été fort généralement acceptée par les géologues.

A la suite d'observations géologiques que j'avais pu faire en Algérie (80, 82), j'avais été frappé du facies spécial de la faune de Mollusques contenue dans des marnes bleues de la vallée du Chéliff, attribuées par Pomel à son étage *Sahélien*. Cette faune, qu'il était impossible de ne pas attribuer au Miocène en raison de la présence de formes très caractéristiques, telles que *Cardita Jouanneti* et autres, présentait néanmoins un curieux mélange de formes habituelles au Pliocène, et, ce qui me frappait plus encore, les espèces miocènes étaient représentées par des variétés marquant une tendance vers les formes représentatives dans les temps pliocènes. J'émis alors *le premier* l'opinion que l'on se trouvait en présence d'une faune de passage entre le Miocène et le Pliocène et que cette faune ne pouvait appartenir qu'au Miocène supérieur, dont le facies marin était encore inconnu.

L'un de mes élèves, M. Brives, ayant justement choisi cette région du Chéliff pour sujet de thèse de doctorat, j'attirai spécialement toute son attention sur ce point d'un intérêt général considérable et, à la suite d'une étude monographique à la fois stratigraphique et paléontologique, M. Brives put établir sur des preuves définitives la réalité de mon hypothèse à laquelle j'ai eu le plaisir de voir M. Suess se rallier immédiatement.

Ainsi se trouvait établies pour la première fois les conditions

géographiques de l'époque du Miocène supérieur dans la Méditerranée : presque partout, et sous l'influence des derniers grands mouvements alpins, la mer est en régression et l'on ne trouve plus en Espagne, en France, en Italie, en Autriche, en Grèce, en un mot sur tout le pourtour nord de la Méditerranée que des dépôts de facies lagunaire ou même franchement continental. La Méditerranée orientale avait peut-être entièrement disparu et la Méditerranée occidentale s'était rejetée sur sa rive sud, empiétant un peu sur les basses vallées africaines, et se mettant en communication avec l'Atlantique non par le détroit de Gibraltar alors fermé, mais par un chenal à travers le Maroc.

Les travaux de M. Gentil sur la vallée de la Tafna (province d'Oran), et celles plus récentes de M. Brives sur le Maroc central et occidental ont confirmé pleinement la distribution géographique que j'avais indiquée pour la mer Pontienne et la communication Atlantique par le seuil marocain.

Les phénomènes continentaux fluviatiles de la fin du Miocène. — La fin du Miocène a vu se produire sur nos contrées, en particulier sur le pourtour des Alpes, un régime fluvio-torrentiel avec transport violent et dépôt de nappes de graviers, analogues à ceux de la fin du Pliocène et des temps quaternaires.

La Durance miocène tout spécialement (69, 70) a construit en aval de Sisteron un immense cône torrentiel caillouteux, de 50 kilomètres de long, et un arc de base de 35 kilomètres. C'est une véritable *Crau* miocène dont j'ai indiqué l'allure et l'extension si remarquables sur une carte (70).

De même, une autre rivière subalpine, l'Eygues, a construit en aval de Nyons un delta analogue confondu avant mes recherchss (49, 50) avec les dépôts pliocènes des plateaux.

Des formations similaires ont été depuis longtemps décrites par Lory dans le Bas-Dauphiné. Mais, dans ce pays, j'ai dû poursuivre, avec l'aide de mes élèves, la distinction délicate entre les

nappes de graviers miocènes et pliocènes, souvent en contact immédiat les unes avec les autres.

Il m'est ainsi devenu possible (70) de donner une idée exacte de la distribution, en altitude et en surface, des phénomènes de transport torrentiel se rapportant à chacune des époques miocène, pliocène et quaternaire dans l'ensemble des vallées divergentes des Alpes occidentales. Les travaux de cette nature sont encore, à l'heure actuelle, très peu avancés dans le reste de la chaîne alpine et même dans le bassin de Paris.

IV. ÉPOQUE OLIGOCÈNE

A l'époque oligocène, il existait sur tout le bord extérieur de la chaîne des Alpes, de Nice à Vienne, un large bras de mer *(synclinal subalpin)* où se sont accumulés les puissants dépôts du *Flysch*. A l'ouest et au nord de ce synclinal, un régime submaritime s'était établi avec des lagunes saumâtres qui couvraient la presque totalité de la dépression Rhône-Saône jusqu'au bord du Plateau central, et communiquaient même vraisemblablement avec les lagunes des vallées de la Loire et de l'Allier, tributaires de la mer du bassin de Paris.

Mes études ont porté en partie sur les dépôts oligocènes marins des Basses-Alpes et de Provence, mais surtout sur les dépôts lagunaires si étendus et si caractéristiques de cette période.

Basses Alpes. — Aux environs de Barrême, j'ai décrit (72, 74) la succession détaillée des horizons oligocènes, marins à la base (faune sannoisienne des grès de Barrême), laguno-marins ensuite (calcaires à Nysties et à Potamides) enfin exclusivement fluvio-terrestres au sommet (couches à Unio et *Helix Ramondi).* Ces divers niveaux correspondant aux degrés divers de dessalure du milieu dans lequel les couches se sont formées, degré qui va en diminuant de la base au sommet, nous indique la régression graduelle de la mer sur le bord du synclinal subalpin.

Côte de Provence. — La mer est venue baigner la côte de Provence à la fin de l'Oligocène et a laissé aux environs de Carry des dépôts *aquitaniens* d'une richesse paléontologique très remarquable.

J'ai fait connaître en détail dans une monographie déjà citée (24, 119) la stratigraphie et la faune de cet étage si peu répandu sous son facies marin, et j'ai dégagé de cette étude quelques considérations générales intéressantes :

1° La transgression marine aquitanienne sur la côte de Provence est l'indice et le début de la transgression progressive et beaucoup plus étendue de la mer Miocène.

2° La continuité de la sédimentation et de la faune depuis l'Aquitanien jusqu'à l'Helvétien y est des plus remarquables, au point qu'il est assez difficile d'y tracer des séparations un peu nettes entre les divers étages. Il y a là un argument très fort en faveur des géologues qui proposent de rattacher l'Aquitanien au Miocène plutôt qu'à l'Oligocène.

3° Le contour de la côte de Carry n'a subi que de faibles modifications pendant toute la durée de ces dépôts. La géographie de cette côte était à peine distincte de la géographie actuelle.

Bassin de Marseille. — Le bassin tertiaire de Marseille avait été fort peu étudié. C'est un large synclinal de terrains oligocènes avec des revêtements assez étendus de tufs et cailloutis pliocènes (23, 119).

L'Oligocène, très épais, est laguno-lacustre à la base (lignites et calcaires sannoisiens à Nysties et Potamides), et fluvio-lacustre au sommet (argiles rouges de Saint-Henri et poudingues de Marseille). Ces poudingues sont fort intéressants à suivre dans la vallée de l'Huveaune, car ils dessinent le trajet d'une ancienne rivière oligocène dont l'estuaire, indiqué par des Mollusques spéciaux (Cyrénes, Psammobies), se trouvait dans la région de Lestaque.

Les tufs du Pliocène supérieur, très développés et contenant une riche flore terrestre, forment, ainsi que c'est le cas dans beaucoup de pays méditerranéens, une sorte de croûte de ruissellement à la surface des plateaux oligocènes.

Bassins d'Apt et de Forcalquier. — Les levés géologiques que j'ai exécutés sur la feuille de Forcalquier m'ont fourni l'occasion d'une étude des formations oligocènes saumâtres du Vaucluse et des Basses-Alpes (98, 121).

L'Oligocène uni à sa base avec l'Eocène supérieur forme dans toute cette région une série stratigraphique (groupe d'Aix de Fontannes) transgressive et discordante sur l'Eocène moyen et les formations plus anciennes.

L'Eocène supérieur est formé de marnes bariolées à Limnées et faune d'eau douce et terrestre. L'élément saumâtre intervient avec les calcaires à Cyrènes et Striatelles que surmontent de puissants dépôts de gypse, produit d'évaporation des eaux de lagunes salées. Des calcaires en plaquettes à Hydrobies et enfin des calcaires à *Helix Ramondi* terminent la série, associés à des marnes rouges et à des conglomérats fluvio-terrestres, indiquant la régression progressive des eaux marines à la fin de l'Oligocène.

Vers le Nord-Est, ces diverses assises se fondent dans une puissante formation clastique rouge qui est le delta torrentiel d'une Durance oligocène provenant des chaînes alpines déjà émergées et plissées.

Bassin d'Alais. — Le bassin tertiaire d'Alais, vaste dépression allongée Nord-Sud entre les plateaux crétacés d'Uzès et le pied des Cévennes, avait déjà donné lieu à des études nombreuses qui étaient loin d'avoir fixé la stratigraphie exacte de ce bassin. J'ai repris (en collaboration avec MM. Fabre et Roman) l'étude détaillée de cette région et j'ai donné dans deux notes (93, 98) un résumé d'ensemble de son histoire géologique.

L'un des points importants de ces recherches a été de délimiter les formations de l'*Eocène inférieur* (sables et argiles bigarrés) et de l'*Eocène moyen* (calcaires et grès Lutétiens et Bartoniens) jusque-là confondus avec l'Oligocène. Ce dernier terrain débute avec l'introduction des eaux salées dans les dépressions lacustres

éocènes ; celle-ci se manifeste par l'arrivée des Potamides et des Hydrobies encore mélangées avec les Limnées et les Planorbes, comme cela est la règle dans les dépôts saumâtres.

L'*Oligocène inférieur* est particulièrement puissant et nous présente peut-être le type français le plus remarquable de cet étage. Aux calcaires à Potamides de la base succède l'interminable série des plaquettes à Cyrènes, à empreintes de poissons, de plantes et d'insectes, puis les grès à flore de Célas, enfin les calcaires à *Striatella barjacensis* et *Melanoïdes albigensis*. Ce dernier horizon seul passe transgressivement dans les lagunes de la haute vallée de l'Allier jusque-là séparées de celles du bassin méditerranéen.

L'*Oligocène moyen* et *supérieur* du bassin d'Alais sont moins intéressants ; ils sont formés surtout d'argiles et de conglomérats rouges indiquant une phase régressive très accentuée.

Oligocène d'Espagne. — J'ai pu poursuivre en Espagne dans la province de Barcelone, grâce aux découvertes de M. l'ingénieur Vidal, mes études sur l'Oligocène à facies saumâtre (86, 93). Au-dessus des puissantes masses de poudingues du célèbre Montserrat, viennent des marnes et des grès au milieu desquels s'intercale à Calaf une lentille ligniteuse exploitée. J'ai retrouvé avec satisfaction dans ces couches la faune de Mollusques des calcaires à Striatelles et Mélanoïdes du bassin d'Alais, ce qui m'a permis un classement rigoureux des lignites de Calaf et des poudingues du Montserrat qui leur sont subordonnés.

V. ÉPOQUE ÉOCÈNE

L'un des traits les plus remarquables de la géographie éocène en Europe est l'existence d'un bras de mer de 200 kilomètres de large, compris entre le Plateau central français et la Meseta espagnole et faisant communiquer l'Atlantique avec le Méditerranée par dessus l'emplacement actuel de la chaîne des Pyrénées.

J'ai eu l'occasion d'étudier les dépôts de cette mer, à la fois sur le rivage nord, au pied de la Montagne-Noire, et sur le rivage sud, le long de la bordure du massif primaire de la Catalogne.

Dans la première de ces régions (99, 107) j'ai pu établir (avec le concours de l'un de mes élèves, M. Doncieux), que la mer Eocène qui occupait le synclinal pyrénéen depuis les temps crétacés avait commencé à envahir transgressivement la région des Corbières, à partir du début de l'Eocène inférieur. Cette transgression est encore peu accusée avec les étages *Thanétien* et *Sparnacien*, dont les dépôts sont de faciès saumâtre et renferment de nombreuses espèces de Potamides et de Mélanidés. Avec l'*Yprésien*, les dépôts deviennent plus franchement marins, mais la transgression n'atteint pas encore au nord la vallée de l'Aude, C'est seulement avec le *Lutétien inférieur* que la transgression acquiert son maximum d'importance. Le rivage marin s'avance vers le Nord jusqu'au pied des terrains anciens de la Montagne-Noire. Cette mer lutétienne dépose une bordure littorale de calcaires à Alvéolines (facies subrécifal), tandis que plus loin de la côte se forment des marnes à *Nummulites atacica*, et nombreux mollusques d'espèces analogues à celles du calcaire grossier parisien.

Après avoir suivi les étapes successives de l'invasion de la mer Eocène, jusqu'au maximum du Lutétien inférieur, j'ai montré

que ce maximum avait été suivi d'une régression intense beaucoup plus brusque que n'avait été la transgression. Aux couches nummulitiques marines du Minervois, on voit succéder des calcaires laguno-lacustres ou même d'eau douce du Lutétien moyen et supérieur ; puis le régime devient encore plus continental et de puissantes couches de grès et de limons terminent la série éocène jusqu'au Bartonien inclus.

J'ai fait en détail l'étude stratigraphique et paléontologique de cet ensemble de couches éocènes et décrit leurs faunes d'animaux marins, terrestres et d'eau douce, jusqu'ici très mal connues.

En Espagne, sur le bord occidental du massif primaire catalan, j'ai montré (93) la nature torrentielle et continentale des couches inférieures de l'Eocène à partir de l'horizon à *Bulimus gerundensis* qui repose transgressivement sur les terrains secondaires et primaires. Le massif ancien de Catalogne, à ce moment plus étendu sur l'emplacement du golfe du Lion, fournissait, par l'intermédiaire de rivières torrentielles, des masses de galets qui se sont déposés en bordure littorale dans une dépression alors lacustre ou à peine lagunaire. La transgression marine sur cette côte est plus tardive qu'au pied de la Montagne-Noire, et nous ne trouvons ici aucune trace des couches marines de l'Eocène inférieur ni même du Lutétien inférieur ; c'est seulement avec le Lutétien moyen à *Nummulites perforata* que la mer se rapproche du massif catalan et dépose dans le bassin du Llobregat des marnes marines qui alternent encore avec les dépôts torrentiels apportés du massif voisin.

Ces poudingues constituent, sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, les immenses murailles du Montserrat.

Dans la région des Alpes françaises, la mer Eocène n'a pénétré dans le synclinal subalpin (de Nice à la Suisse et à la Bavière), qu'à l'époque du Lutétien moyen à *Nummulites perforata*. Antérieurement à cette époque, toute la vaste région des chaînes subal-

pines de Provence, du Dauphiné, de Savoie, des Préalpes suisses, du Jura, du bassin du Rhône et de la Saône étaient depuis le début du Tertiaire une région continentale basse où se sont accumulés des sédiments les uns fluvio-terrestres, les autres lacustres.

J'ai publié un travail stratigraphique d'ensemble sur ces formations (51), dont l'étude est rendue difficile par l'extrême morcellement de ces dépôts, sous l'influence des plissements successifs des chaînes alpines (voir la carte d'ensemble des affleurements) (98).

J'ai démontré d'abord que la curieuse formation des *sables et argiles bigarrés* du Sud-Est, dont l'âge avait été balloté depuis l'Eocène ancien jusqu'à l'Eocène supérieur et même à l'Oligocène, appartenait tout entière à l'Eocène inférieur et comprenait l'ensemble des étages *Thanétien*, *Sparnacien* et *Yprésien*. A leur base, en effet, les sables bigarrés passent progressivement en Provence au Danien fluvio-lacustre, tandis qu'en haut ils sont partout recouverts par les marnes et calcaires lacustres du Lutétien inférieur à *Bulimus Hopei*. La découverte faite peu après ce travail d'un *Lophiodon* sparnacien en Dauphiné est venue donner une confirmation décisive à mes conclusions purement stratigraphiques.

J'ai montré ensuite (96) que la formation désignée dans le Mâconnais et le Châlonnais comme *argiles à silex* n'était pas exclusivement un produit de décalcification de la craie blanche, mais comprenait aussi des sables bigarrés et des argiles réfractaires tout à fait identiques d'âge et d'aspect à l'Eocène inférieur du Sud-Est.

Quant à l'Eocène moyen, il est représenté partout par des marnes, des argilolithes ou des calcaires d'origine lacustre dans lesquels on peut séparer deux horizons paléontologiques, l'un du Lutétien inférieur et moyen, l'autre du Lutétien supérieur.

Les conclusions de ce travail s'appliquent à la géologie Éocène des Préalpes suisses et bavaroises.

VI. ÉPOQUE CRÉTACÉE

Le levé géologique des feuilles de Bédarieux et de Narbonne m'a fourni l'occasion (107) de faire l'étude du *Danien* à facies fluvio-lacustre, par lequel se termine le Crétacé supérieur du Midi.

Ces couches étaient désignées dans cette région sous le nom un peu vague de Garumnien; j'ai pu préciser leur âge géologique en y découvrant pour la première fois les fossiles de l'étage de Rognac de Provence (*Cyclophores*, *Bauxia*, etc.), qui ont été ensuite retrouvés par mon élève, M. Doncieux dans tout le massif des Corbières.

J'ai également découvert dans les grès rutilants de la base de l'étage toute une faune de Reptiles terrestres Dinosauriens qui constitue une importante contribution à la géologie de la France.

En Provence, dans la région de Marseille, j'ai étudié le Crétacé supérieur des bords de l'étang de Berre et du massif d'Allauch (19) et fait l'intéressante découverte d'un horizon à faune saumâtre intercalé dans le *Turonien supérieur*. J'ai décrit cette faune qui avait été confondue avant mes recherches avec la faune homologue des couches de Fuveau, à cause de certaines analogies de formes génériques ou même spécifiques dues à la reproduction des mêmes conditions de milieu.

J'ai découvert aussi un horizon de facies semblable au précédent, mais d'âge *Cénomanien*, dans les Corbières orientales. La faune en a été décrite par M. Doncieux.

Dons mon travail sur le Roussillon (5) j'ai décrit les terrains *Crétacés inférieurs (Urgo-Aptien)* qui constituent une bonne partie des Corbières méridionales et servent de bordure au golfe pliocène. Les marnes à Orbitolines inférieures aux calcaires à Réquiénies m'ont fourni une belle faune de Mollusques que j'ai décrite en détail dans ce Mémoire. J'y ai trouvé les plus grandes analogies avec les couches similaires de la Clape, près Narbonne.

VII. ÉPOQUE JURASSIQUE

Sur la feuille de Narbonne (124) j'ai précisé le stratigraphie de l'*Infra-lias* du chaînon de Saint-Chinian. J'ai décrit la succession des assises de ce terrain : les argiles vertes de la base, les plaquettes rhétiennes à *Avicula contorta*, les grès-arkose (non encore signalés), enfin les dolomies hettangiennes du sommet.

J'ai découvert, sur la feuille du Perpignan (115, 118), dans le massif montagneux pyrénéen, compris entre les vallées de la Têt et de l'Agly, une large bande de Lias qui avait échappé aux recherches des géologues. Ce Lias comprend d'abord des dolomies noires que surmontent des calcaires compactes *charmouthiens* à *Pentacrinus jurensis*, puis des calcaires marneux à Bélemnites, enfin des calcschistes rosés *toarciens* à nombreuses ammonites de la zone à *H. bifrons*, étirées par les phénomènes dynamiques. Le Lias est surmonté directement, sans intermédiaire de Bauxite et sans lacune apparente, par les calcaires compactes Urgo-Aptiens.

VIII. TERRAINS PRIMAIRES ET CRISTALLINS

J'ai étudié dans ma thèse sur le Roussillon (5, 12), les montagnes primaires et cristallines qui encadrent le golfe pliocène. J'ai décrit la série des gneiss et micaschistes des Albères avec leurs cipolins intercalés ; puis les phyllades et calcaires cambriens, les schistes noirs silariens, les calcschites et les calcaires griottes dévoniens des avant-monts du Canigou.

J'ai retrouvé en Corse (14) des formations tout à fait similaires de celles des Pyrénées et j'ai le premier indiqué la présence dans cette île des calcaires cambriens (dalle cambrienne) caractéristique du Cambrien des Pyrénées et de la Montagne-Noire.

IX. ROCHES VOLCANIQUES

J'ai eu l'occasion de m'occuper de la détermination précise de l'âge de plusieurs éruptions volcaniques de la Provence et du Languedoc.

Dans les vallées de l'Hérault et de l'Orb, la traînée de roches basaltiques qui se termine sur les bords même de la Méditerranée par le beau volcan labradoritique du cap d'Agde avait toujours été considérée comme d'âge très récent, tout au plus quaternaire. J'ai montré (83, 124) que tous ces épanchements étaient pliocènes et qu'il y avait lieu d'y distinguer deux époques d'émission de laves : l'une ayant fourni les coulées des plateaux, et antérieure au creusement des vallées actuelles ; l'autre postérieure à ce creusement et contemporaine de la faune à *Elephas meridionalis* qui se rencontre au Riège dans des tufs contemporains de ces éruptions.

En Provence, je me suis occupé (35) de l'âge du pointement basaltique de Beaulieu, près Aix, et montré que ce basalte et la dolérite qui l'accompagne avaient traversé et métamorphisé les calcaires oligocènes (stampiens supérieurs). Ce basalte est donc, contrairement à certaines opinions, postérieur à l'Oligocène et d'âge néogène, sans qu'il soit possible de préciser davantage.

Enfin, j'ai pu établir (avec le concours de M. Guébhard) l'âge miocène supérieur de la grande coulée des *labradorites* de Biot, près Antibes, jusqu'ici considérée comme beaucoup plus ancienne et probablement éocène. La détermination stratigraphique est rigoureuse : au-dessous de la nappe éruptive se trouvent des couches marines *tortoniennes* que surmontent des marnes et des tufs volcaniques à faune lacustre d'âge pontique. D'autre part, le Pliocène de Biot contient des fragments roulés de la même roche volcanique, qui est antépliocène.

X. TECTONIQUE

Sous ce nom un peu barbare et d'importation allemande, on désigne la branche de la géologie qui s'occupe des phénomènes de plissement de l'écorce terrestre et de leurs conséquences dynamiques : plis couchés, plis failles, écailles refoulées, nappes de charriage, etc. Cette partie de la science, fondée par les travaux de Gosselet, Heim, Suess, a vu ses méthodes précisées surtout par M. Marcel Bertrand, dans ses études sur la Provence et sur les Alpes occidentales. J'ai appris ces méthodes en Provence sous la direction de ce maître éminent et j'ai eu l'occasion de les appliquer parfois au cours de mes recherches. Les nécessités du *Service de la Carte géologique de France* m'ont permis, en particulier, d'étudier en détail une région de plissements énergiques, le *chaînon de Saint-Chinian*, sur le versant méridional de la Montagne-Noire (66, 107).

Ce chaînon se compose d'une série de cinq plis failles à axe triasique et infra-liasique, refoulés en écailles (à flanc inverse le plus souvent supprimé), sur un substratum de terrains crétacés et éocènes. Ces plis sont couchés vers le Nord contre le massif ancien ; le sens de la poussée et l'âge antéoligocène de ces plis indiquent nettement leur relation évidente avec les plissements pyrénéens.

Ce petit massif m'a présenté, quoique sur une échelle réduite, la plupart des phénomènes de dislocation grandioses (plis couchés, nappes et lambeaux isolés de recouvrement) signalés et décrits dans les grandes chaînes.

Plus au Sud, dans le massif de Calce, en Roussillon, j'ai décrit aussi (115, 118) une série de plis liasiques couchés vers le Nord, conformément au sens général des refoulements sur le flanc nord de la chaîne des Pyrénées.